

AEROMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN
VELOPALATINALEN ABSCHLUSS BEIM SPRECHEN
VON EXPLOSIVLAUTEN MIT DEM
DOPPELAEROMETER NACH SVEND SMITH

GERD MARSHALL

1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553801_0004

Aus der Klinik für Hals-, Nasen-Ohren-Heilkunde
der Universität München
Direktor: Prof. Dr. H. H. Naumann

AEROMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN VELOPALATINALEN
ABSCHLUSS BEIM SPRECHEN VON EXPLOSIVLAUTEN MIT DEM
DOPPELAEROMETER NACH SVEND SMITH

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilian-Universität

zu München

vorgelegt von

Gerd Marshall

aus München

München, den 1. November 1970



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. E. Loebell
Korreferent: Prof. Dr. H. H. Naumann
Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 4.5.1971

Inhaltsverzeichnis

=====

A) Einleitung	4
B) 1.) Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie des velopalatinalen Abschlusses	4
2.) Literaturübersicht über die wichtigsten Nasalitätsproben und -Prüfungen	12
C) 1.) Material und Methodik	
a) Material	19
b) Testprogramm	19
c) Messung	20
2.) Ergebnisse	
a) tabellarische Zusammenstellung	32
b) Auswertungsverfahren	39
c) Analyse der Ergebnisse	42
D) Diskussion	45
E) Zusammenfassung	49

A) In der vorliegenden Arbeit soll die Funktion des Gaumensegels nach einer neuen Methode geprüft werden. Dabei wird besonders die Dichte des velaren Abschlusses zur hinteren Rachenwand untersucht.

Für die Untersuchungen wird das Doppelaerometer nach Svend Smith verwendet. Mit dessen Hilfe lassen sich feinste Luftstromschwankungen messen, die beim Sprechen auftreten (56 ,57).

Trennt man die Phonationsluftstöße der Nase von denen des Mundes und zeichnet sie mittels Mehrfachschreiber oder Oszillographen auf, so kann damit über dichten oder mangelnden Abschluß des Gaumensegels Auskunft erlangt werden.

B) 1.) Zur Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie:

Der weiche Gaumen setzt den harten Gaumen nach dorsal fort. In der Mitte bildet er das Zäpfchen, Uvula. Durch den Arcus palatoglossus ist das Velum palatinum mit dem seitlichen Zungenrand und durch den Arcus palatopharyngeus mit der Seitenwand des Rachens verbunden. In der seitlichen Nische zwischen den beiden Gaumenbögen liegt beiderseits die Tonsilla palatina. Die Nische darüber heißt Fossa supratonsillaris.

Der weiche Gaumen ist beweglich, er kann gehoben und gesenkt werden, und mit seiner Hilfe kann der Isthmus faucium verschlossen oder erweitert werden. Das Gaumensegel, das Zäpfchen und die beiden Gaumenbögen sind mit quergestreifter Muskulatur unterfüttert. Der Musculus levator veli palatini

kommt von der Schädelbasis und setzt am mittleren Teil der Gaumen⁶aponeurose von schräg oben her an. Der Musculus tensor veli palatini kommt vom os sphenoidalis, zieht um den Hamulus pterygoideus und setzt von der Seite herkommend am mittleren Teil der Gaumenaponeurose an. Der Musculus uvulae verkürzt das Zäpfchen. Der Musculus palatoglossus strahlt von der Seite her in die Zungenbeinmuskulatur ein und bildet mit den transversalen Fasern einen Sphincter der Schlundenge. Der Musculus palatopharyngeus steigt mit seinen Fasern bis zum hinteren Rand des Schilddrüsenknorpels hinab. Sensibel wird der weiche Gaumen durch die Nervi palatinus medius und posterior (N. maxillaris) innerviert. Motorisch wird der M. levator veli palatini durch die rami tonsillares des N. glossopharyngeus (IX) und durch rami pharyngici des N. vagus (X) innerviert. Der M. tensor veli palatini wird motorisch innerviert durch den N. tensor veli palatini aus dem N. pterygoideus medialis aus dem Trigeminus. Motorisch werden der M. uvulae, der M. palatopharyngeus und der M. palatoglossus durch den plexus pharyngus innerviert, der vom N. vagus und N. glossopharyngeus gebildet wird. Der M. constrictor pharyngis superior wird motorisch innerviert durch den ramus muskularis stylopharyngeus aus dem N. glossopharyngeus (IX).

Am Velum palatinum läßt sich ein muskulöser horizontaler und ein dünner, muskelarmer, drüsenreicher, vertikaler Teil unterscheiden (KÖRNER 1942).

Der Abschluß des Rachens zum Nasenrachen wird beim Sprechen und Schlucken von zwei synergisch wirkenden Muskelsystemen hergestellt:

- 1.) durch die rückwärts und aufwärts gerichtete Bewegung des von den Mm. tensor und levator veli palatini gemeinsam gehobenen Gaumensegels.
- 2.) durch die Vorwärtsbewegung und Kontraktion der Schlußmuskeln des Rachens (WARDILL 1937)

Bei Betrachtung des Abschlusses des Rachens bei der Phonation sieht man folgende Bewegungen:

- 1.) der Passavantsche Wulst wölbt sich an der hinteren Rachenwand leistenartig vor.
- 2.) an den seitlichen Rachenwänden treten die Levatorwülste stärker hervor durch Kontraktion des M. levator veli palatini.
- 3.) von vorne wird die Lichtung durch das sich hebende und spannende Velum eingeengt. Dabei erscheint dieses ungefähr einen halben Zentimeter über dem Ansatz der Uvula rechtwinkelig abgelenkt und legt sich mit der Spitze des derart entstehenden Winkels dem Passavantschen Wulst an (GUTZMANN sen. 1928). Durch die Kontraktion des M. uvulae erfolgt eine senkrechte Vorwölbung in der Mitte der Hinterfläche des weichen Gaumens. Diese vertikale Verdickung legt sich als letzte Sicherung in die nunmehr verschwindende Öffnung zum Nasenraum hinein.



- 1=Ostium tubae
2=Levator Wulst
3=PASSAVANTScher Wulst
4=Atlas
5=Uvula
6=Velum palatinum

a



- 1=M. levator veli palatini
2=M. tensor veli palatini
3=Hamulus

- 4=M. palatopharyngeus
5=M. palatoglossus

b

Abb. 1

- a) Anatomie der Mund- und Nasenhöhle und des Rachens
b) Schema der Gaumenmuskeln (nach Benninghoff)

Der Passavantsche Wulst stellt eine Vorwölbung der hinteren Pharynxwand dar. Diese entspricht der Kontaktstelle des Velum palatinum zum Zwecke des Abschlusses des Nasenrachenraumes in Höhe des Atlas. Nach GUTZMANN und WARNEKROS (zit. nach STEIN 1930) soll es sich dabei um einen Kontraktionswulst des M. constrictor pharyngis sup., dem obersten Anteil des M. pterygopharyngeus, handeln. Demgegenüber sprechen ROESE und HEITMÜLLER (zit. nach STEIN(1930) dem M. pterygopharyngeus jede Beteiligung an der Bildung des Passavantschen Wulstes ab. Vielmehr sei dieser der Ausdruck der Kontraktion des M. palatopharyngeus, welcher die Rachenwand hebt und so die Schleimhaut ringförmig einfaltet.

Anatomie und Physiologie der Artikulation:

Der komplexe Vorgang der Artikulation wird im wesentlichen von zwei kortikalen Gebieten gelenkt. Das ist einerseits das Koordinationszentrum, das in der dritten Frontalwindung des Stirnhirns liegt und als Brocasches Zentrum bezeichnet wird, und andererseits die mit diesem verbundene kortikale Vertretung der Artikulationsmuskeln im Gyrus praecentralis. Von diesem laufen die Erregungen über die Pyramidenbahnen in das Gebiet der Hirnnervenkerne in der Rautengrube und von dort über die Hirnnerven V, VII, IX, X, XI und XII zu den bei der Artikulation wirkenden Muskeln.

Die feine Koordination der Muskelbewegungen wird bei der Artikulation durch die Stammganglien (Corpus striatum),

die motorischen Kerne des Mittelhirns (Nucleus reticularis) und durch das Kleinhirn gesteuert.

Die Artikulation der Sprache findet in dem sogenannten Ansatzrohr statt. Dieses beeinflusst mit den anschließenden Räumen durch die Bestimmung der Obertöne und Teiltöne auch den Klangcharakter der Stimme.

Das Ansatzrohr besteht aus zwei Hauptwegen, die die Phonationsluft passieren kann:

1.) Der Weg vom Kehlkopf in den Rachen und über den Zungengrund durch die Gaumenbögen (Isthmus faucium) in die Mundhöhle. Dabei verschließt, wie ausgeführt, das Gaumensegel unter Mitwirkung des M. constrictor pharyngis sup. (Passavantscher Wulst) luftdicht den Nasenrachenraum (PASSAVANT 1863).

2.) Der Weg vom Kehlkopf in den Pharynx über den Zungengrund zwischen dem herabhängenden Gaumensegel und der hinteren Rachenwand in den Nasenrachenraum und durch die Nase nach außen. Dabei ist der Mund geschlossen.

Auf beiden Wegen ist eine Vielzahl von aktiven und passiven Verengungen möglich.

Besonders wichtig für die Artikulation sind die im Ansatzrohr stattfindenden Bewegungen der Lippen, des Unterkiefers, der Zunge, des Mundbodens und des Kehldeckels.

Phonetik der Explosivlaute:

Das konsonantische Artikulationsprinzip besteht in der Bildung von Hemmstellen, das vokalische in der Gestaltung von Resonanzräumen.

Man unterscheidet die Konsonanten nach dem Ort der Lautbildung in:

1. bilabiale
2. linguo-dentale, linguo-palatinale
3. palatale
4. dorso-faukale
5. laryngeale (nach LUCHSINGER und ARNOLD 1959)

Explosivlaute sind Konsonanten mit vollständigem bilabialen, linguo-dentalen (-palatinalen) oder dorso-faukalen Abschluß (weitere Ausführungen siehe S. 19).

Pathophysiologie der Lautbildung:

Bei allen oralen Lauten ist das Gaumensegel gehoben und verwehrt der ausströmenden Luft den Durchtritt in die Nase. Umgekehrt ist es bei den Nasallauten n, m, ng. Bei deren Aussprache wird das Gaumensegel gesenkt, um dem Luftstrom den Durchtritt durch die Nase freizugeben. Gleichzeitig ist der Mund an irgend einer Stelle abgeschlossen:

1. bilabial bei "m", 2. linguo-dental bei "n", 3. dorso-palatal bei "ng".

Wenn das Velum palatinum stets schlaff herabhängt, bekommen alle oralen Laute einen nasalen Beiklang; ist es aber

immer gehoben, wird die Bildung der Nasallaute verhindert.

Die erste Form des Näsels nennt man:

Rhinolalia aperta

(Hyperrhinolalie (FROESCHELS 1925), Rhinophonia aperta (SEEMANN 1965)).

Man unterscheidet zwei Formen des offenen Näsels:

die organische Form und die funktionelle Form.

Die erste Gruppe wird durch Defekte im harten und weichen Gaumen verursacht; die zweite Gruppe durch Gaumensegelparese, angeborene Schwäche der Muskulatur des weichen Gaumens, oder Nachlässigkeit und dadurch Angewöhnung einer näselsprachlichen Sprache in der Kindheit.

Die zweite Form ist das geschlossene Näsels:

Rhinolalia clausa

(Hyporhinolalie, Rhinophonia clausa).

Hierbei unterscheidet man wieder eine organische und eine funktionelle Form.

Erstere wird verursacht durch Verstopfung des Nasendurchgangs durch Muschelhypertrophie oder adenoider Vegetation. Die zweite Form wird verursacht durch falsche Funktion des Velum palatinum.

Die dritte Form ist das:

gemischte Näsels (Rhinolalia mixta).

Man unterscheidet dabei ein vorderes gemischte Näsels und ein hinteres gemischtes Näsels:

Ersteres entsteht durch fehlenden Gaumenabschluß bei gleichzeitiger Formveränderung oder Schwellung der vorderen Nasenmuschel.

Das hintere gemischte Näseln kommt ebenfalls durch mangelnden Gaumenabschluß zustande bei Vorhandensein von adenoiden Vegetationen oder Geschwülsten.

2.) Die Sprache und das Sprechen überhaupt werden in ganz besonderem Maße durch das Gaumensegel beeinflusst. Erst die richtige Funktion des Gaumensegels macht ein verständliches Sprechen möglich. Deshalb war und ist das Gaumensegel in seiner Funktion und Artikulation häufig Gegenstand von Untersuchungen. Die Schwierigkeiten, das Gaumensegel durch die Meßvorrichtungen in seiner Bewegung nicht zu behindern, führte zu einer Vielzahl von verschiedenen Methoden zur Funktionsanalyse des Velum palatinum.

Aus den verschiedenen experimentellen Untersuchungsmethoden sollen einige wesentliche herausgegriffen werden:

Die Einteilung wird nach 1.) einfachen

2.) komplizierten, apparativen

Methoden vorgenommen.

ad 1.) Die einfachste Methode ist die akustische Methode.

Bei der GUTZMANNschen A-I Probe wird die Nase des Patienten beim Sprechen von A und I abwechselnd geschlossen und wieder geöffnet. Im Normalfall dürfte sich der Klang dabei nicht ändern. Bei einer Rhinolalia aperta wird der Klang verdunkelt.

Diese Probe findet heute für den praktischen Gebrauch die häufigste Anwendung.

Genauer ist die Probe mit dem Phonedoskop. Ein etwa 50 cm langer Schlauch hat an beiden Enden eine Metallolive. Der Untersuchende führt eine Olive in die Nasenöffnung des Patienten, die andere in sein Ohr ein. Bei Hyperrhinophonie hört man bei den Vokalen (u-i) ein starkes Dröhnen in der Nase des Patienten, bei Reibelauten (f-s-sch) ist ein Blasen zu hören.

Sehr einfach in der Handhabung ist die CZERMAK'sche Spiegelprobe. Auf einem ca. 30x20 cm großen Metallspiegel - mit einer Einbuchtung für die Nase - sind Halbkreise eingraviert. Beschlägt sich der Spiegel bei der Phonation, so kann man an ihnen den Grad des offenen Näsels ablesen.

Mit dem Velopharyngometer nach SEEMAN kann man das Ausmaß des unvollkommenen Gaumen-Rachenverschlusses beim Sprechen messen. Vor dem Messen wird der Nasenrachen mit Kokainspray unempfindlich gemacht. Dann wird das Velopharyngometer hinter den weichen Gaumen geführt und an die Rachenhinterwand gedrückt. Der Reiter des Velopharyngometers wird vor dem Einführen auf 8-12 mm eingestellt. Beim Sprechen von A schiebt dann der weiche Gaumen den Reiter, nachdem die Arretation gelöst wurde, nach hinten. Bei unvollkommenem Verschluss zeigt das Anhalten des Reiters auf der Skala die Breite der Lücke in Millimeter (SEEMAN 1965). GUTZMANN leitet den Nasendurchschlag der Phonationsluft beim

offenen Näseln mittels eines Schlauches in ein Alkoholmanometer oder in eine Mareysche Kapsel, wobei der Hebelausschlag als Kymogramm aufgezeichnet wird. Das Kymogramm der normalen Nasallaute bildet dann ein Vergleichsobjekt zu dem Kymogramm der pathologischen Nasendurchschläge. (Ausführliche Abhandlungen finden sich in den einschlägigen Lehrbüchern).

ad 2.) Es handelt sich hier um komplizierte, apparative Methoden, die hauptsächlich bei wissenschaftlichen Untersuchungen verwendet werden.

DOUBEK (1955) benutzt eine manometrische Methode mit einem Rhinoaerometer und einem Phonosator. Durch eine Rhinoaerogrammaufnahme kann er einen meßbaren Nachweis des funktionswidrigen Durchdringens der Phonationsluft durch die Nase erbringen. Später ergänzt er seine Messungen des nasalen Luftdruckes durch Messungen des nasalen und oralen Schalldruckes.

Von CHASE (1960) wird ein Verfahren zur objektiven Beurteilung der palatopharyngealen Schlußfähigkeit beschrieben (5). Dabei wird mit Hilfe besonderer Manometer die Vitalkapazität bei offener und geschlossener Nase gemessen, ebenso der Blas- und Saugdruck. Daraus lassen sich typische Kurven für verschiedene Arten der palatopharyngealen Insuffizienz gewinnen.

Ähnliche Untersuchungen wurden von HARDY und ARKBAUER (20) mit einer Gesichtsmaske, die an ein Respirometer angeschlossen war, durchgeführt.

Die von NESSL (1959) angegebene Atemstoßmessung findet bei Patienten mit offenem Naseln Anwendung. Es wird dazu ein von SCHONDUBE entwickeltes Gerät (Atemstoßmesser) verwendet. Je nach Luftmenge, die bei der Phonation durch die Nase entweicht, wird ein geringer oraler Atemstoßwert in Winkelgraden direkt vom Drehpendel abgelesen. Verschließt man danach die Nase durch Fingerdruck, so erhält man den normalen pneumoergometrischen Wert. Die Differenz der gemessenen Atemstoßwerte mit offener und geschlossener Nase bildet ein objektives Maß für den Nasen-Rachenabschluß.

Eine weitere Methode zur Beurteilung der pathologischen Nasalität ist die Elektromyographie.

FRITZELL (1963) erhielt durch Elektromyographie der mm. levator und tensor veli palatini wertvolle Informationen über die Artikulation des Velum während des Sprechens (11).

Die Röntgenaufnahmen spielen in der Beurteilung der Gaumensegelbewegung eine wichtige Rolle:

GUTZMANN (1930) demonstriert die Bewegungen des Gaumensegels durch röntgenkinematographische Aufnahmen. Als Kontrastmittel verwendet er dabei eine Goldfolie, die auf das Velum palatinum aufgeklebt wird.

LACZKOWSKA (1969) wertet Röntgenaufnahmen des weichen Gaumens in Ruhelage und Phonation (Vokal "a") aus. Um die Genauigkeit des velopharyngealen Abschlusses erkennen zu können, werden das Gaumensegel und die Rachenhinterwand mit einem Röntgenkontrastmittel angestrichen (28).

ONDROCKOVA (1961) zeigt, daß unter besonderen Bedingungen die Luft in der Mund- und Rachenhöhle als Kontrastsubstanz für Röntgenuntersuchungen ausreicht. Die Autorin macht die Erfahrung, daß Kontrastmittel mechanische und physiologische Veränderungen verursachen, welche die experimentalphonetischen Ergebnisse der Röntgenfilmanalyse beeinträchtigen (49).

Röntgenuntersuchungsverfahren werden noch von verschiedenen anderen Autoren angewandt (17 ,30 ,49).

BJORK (1961) koppelt durch eine besondere Versuchsanordnung die Röntgenkinematographie mit einer Hi-Fi-Tonbandaufnahme. Die Auswertung erfolgt mit dem 48-Kanal-sprachspektrometer von SUND nach der Methode der "visible speech". So kann jede Stelle des Röntgenfilms exakt mit dem Formantenbild der visible-speech verglichen werden (4).

LUBKER und MOLL (1965) entwickeln eine Methode mit der orale und nasale Luftstöße getrennt, jedoch synchron gemessen werden können. Dies geschieht durch fluorographische Beobachtungen. Es wird eine Gesichtsmaske entwickelt, die eine genaue Trennung der Nasen- und Mundluft gewährleistet.

Kinefluorographische Filmaufnahmen werden synchron mit Messungen der oralen und nasalten Atemluft beim Sprechen gemacht. Die Meßergebnisse, die man durch die Analyse der kinefluorographischen Filme erhält, werden mit den Ergebnissen der Mund-Nasenluftströmung verglichen (37).

SUBTELNY (1966) entwickelt ein Verfahren zur Simultanaufzeichnung von Schall, Druck und Strömungsgeschwindigkeit der expiratorischen Phonationsluft, getrennt in nasalen und oralen Anteil. Die Messungen des Luftstromes erfolgen ohne Maske; Heizdraht-Sensoren (warm-wire-sensors) werden so an Mund und Nase angebracht, daß sie durch Übertragung von Teilchengeschwindigkeiten Meßwerte für die Strömungsgeschwindigkeit der oralen und nasalen Atemluft abgeben.

Weitere Methoden werden von IMRE, ARSLA u. BALDAN, HOFFER u. SILLA, MÜLLER, MITROVIC u. MILOJEVIC, UGIIE, HARDY, MASSENGILL, WARREN, YANAGIHARA u.a. angegeben.

Hier sollen nur noch einige Untersuchungen, die an dieser Klinik mit dem später noch näher beschriebenen Doppelaerometer durchgeführt werden, erwähnt werden.

REICHART (1967): Mit dem Doppelaerometer nach SVEND SMITH werden in dieser Arbeit 46 Patienten mit Balbuties untersucht. Besonders ein Symptom, das "A t e m v o r s c h i e b e n", ist mit der angegebenen Methode gut darstellbar.

MYSKA (1967): Die Ergebnisse von drei verschiedenen Operationsmethoden, die Brückenlappenplastik, die Velo-Pharyngoplastik und die Tonsillen-Sphincterplastik, werden mit dem Doppelaerometer untersucht und verglichen. Das Doppelaerometer soll hierbei Aufschluß über den Grad der pathologischen Nasalität geben.

FRANK (1968): Es wird versucht, durch experimentalphonetische und respiratorische Untersuchungen die Sprachstörungen der multiplen Sklerose und der Bulbärparalyse zu objektivieren. Zu den aerometrischen Untersuchungen werden zwei Atemgürtel und eine Atemmaske (Doppelaerometer) verwendet.

PFEIFFER (1968): Der Einfluß der verzögerten Sprachrückkoppelung auf die normale Sprache wird graphisch dargestellt. An 23 Versuchspersonen wird neben anderen Untersuchungen auch die Phonationsluftmenge gemessen. Dazu wird das Doppelaerometer nach SVEND SMITH verwendet. Es zeigt sich dabei, daß die bewegten Luftvolumina während des Sprechens mit dem LEE-Effekt größer sind.

- C) In vielen der angeführten Methoden wird eine direkte Darstellung der Bewegungen und Funktion des Gaumensegels versucht (insbesondere Röntgenmethoden). Ein großer Nachteil dieses Vorgehens ist, daß keine Meßwerte gewonnen werden, die Vergleichsmöglichkeiten im großen Rahmen zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen zulassen (siehe auch DOUBEK 1955).

In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, durch Messung feinsten Luftströme indirekt Rückschlüsse auf die Gaumensegelfunktion zu ziehen und objektive, vergleichbare Meßdaten zu gewinnen.

1.) Material und Methodik

a) Material:

Untersucht werden 11 freiwillige, gesunde Studenten beiderlei Geschlechts: 9 Männer und 2 Frauen,

durchschnittliches Alter 27,2 Jahre
(von 22 bis 44 Jahre).

Kinder werden in die Untersuchung nicht aufgenommen, da die vorhandene Maske des Doppelaerometers für die kindliche Gesichtsgröße ungeeignet ist.

b) Testprogramm:

Zur Ausführung der Untersuchungen ist es notwendig, einen geeigneten Modellsatz zu bilden. Dem liegt die Überlegung zugrunde, daß die für die Bildung der Konsonanten notwendige Hemmstelle möglichst dicht sein soll, damit der Phonationsluftdruck voll das Velum anpressen kann, dessen Abschlußdichte kontrolliert werden soll.

Die folgende kurze Zusammenstellung soll Möglichkeiten für Konsonanten-Vokal-Gruppen aufzeigen.

Tenues	pe te ka	bilabial linguopalatinal dorsofaucal	Papa kaputt
Mediae	be de ge	bilabial linguopalatinal dorsofaucal	böse die
Spiranten		Affrikaten	Liquide

Besonders geeignet für den Testsatz sind die Tenues und Mediae in Verbindung mit Vokalen. Bei ihnen kommt es für kurze Zeit zu einem vollständigen bilabialen oder linguo-palatalen oder dorsofaukalen Verschuß.

Um eine eventuelle Ermüdung des Gaumensegels bezüglich der Verschußfunktion feststellen zu können, wird darauf geachtet, daß mehrere Tenues kurz aufeinander folgen.

" Ist etwas passiert Lore, ja, Papa, die Puppe ist kaputt "
 Ten Ten Ten Ten Li TenTenMed TenTenTen TenTen

Im Anschluß an diesen Satz, der sich ausschließlich aus Oralkonsonanten-Vokal-Gruppen zusammensetzt, ist es günstig, einen kurzen Satz sprechen zu lassen, in dem abwechselnd Nasal- und Oralkonsonanten enthalten sind:

" Mama und Papa machen eine böse Miene ".

Durch den zweiten Satz ist bei der Auswertung die Möglichkeit gegeben, Vergleiche zwischen Nasalen und Oralkonsonanten zu ziehen.

c) Messung:

Um die beim Sprechen dieses Satzes auftretenden Phoantions-luftstöße aufzeichnen zu können, wird ein von SVEND SMITH konstruiertes Gerät verwendet.

Dieses Gerät besteht aus einer Gesichtsmaske mit vier Ventilen, vier Photodioden und den dazugehörigen vier Gleichstromlichtquellen.

Das Wirkungsprinzip besteht in der Umwandlung von Luftströmungsimpulsen in Druckimpulse, die sich auf einen elastischen Körper auswirken. Als elastische Körper dienen dabei Gummiventile. Die Öffnungsweite der Ventillippen, die von der Druckänderung abhängig ist, wird durch ein indirektes Verfahren gemessen. Dazu sind zwei Einrichtungen erforderlich:

- a) eine Gleichstromlichtquelle und
- b) eine Photodiode.

Das Öffnen und Schließen der Ventile bewirkt eine Modulation des ausgestrahlten Lichts. Dieses Gleichstromlicht wird in den Photodioden in ein elektrisches Potential umgewandelt.

Die Maske ist eine Oro-Nasalmaske mit einem vollständig aerodynamisch dichten Abschluß zwischen Nase und Mund. Sie besteht aus einem starren, halbkugelförmigen Metallteil und dem daran befestigten Abdichtungsring.

Das Metallteil trägt vier Rohre (Abb. 2) zur Unterbringung der Ventile. Außerdem befinden sich noch zwei Aufhängevorrichtungen an dem Metallgerüst.

Bringt man diese Maske in situ (Abb. 3), so ist die innere Gummitrennwand in die weichen Teile der Nasolabialgrube gepresst, ohne auf die Nase oder den Mund zu drücken. Um zu erreichen, daß die Membran die ganze Oberlippe berührt, ist diese nach aufwärts gebogen. Dadurch liegt die Nase frei und die Nasenflügel haben volle Bewegungsfreiheit.

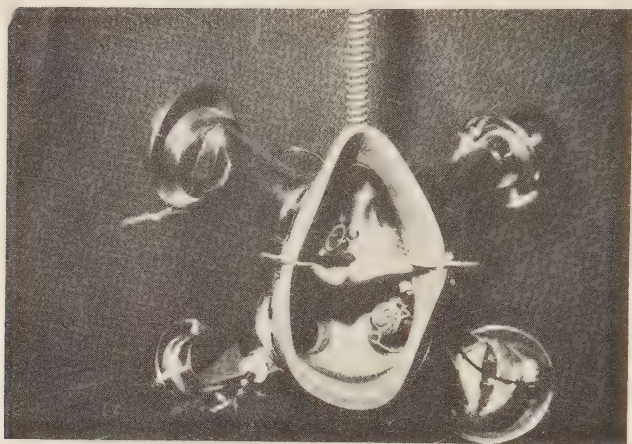


Abb. 2

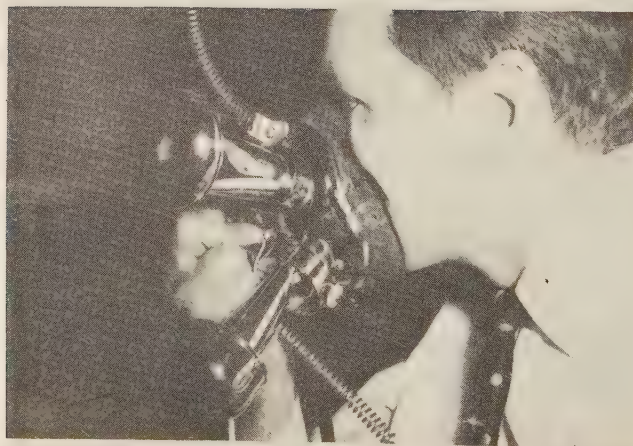


Abb. 3

L e g e n d e n

Abb. 2 : Maske des Doppelaerometers von der dem Gesicht zugewendeten Seite.

In der Maske ist die Trennmembran zu erkennen, außerdem die Photozellen für die Nasen- und Mund-Ausatmung. Die vier abstehenden Metallrohre beherbergen die Gummiventile.

Abb. 3 : Maske in situ

Die Außenabdichtung besteht aus Schaumgummi. Im oberen Teil reicht die Abdichtung bis zur Nasenwurzel. Somit wird keinerlei Druck auf die Nase ausgeübt. Im unteren Teil umschließt der Abdichtungsring den Mund so, daß er für die Bewegung der Lippen und Wangen kein Hindernis darstellt. Der Totraum der Mund-Nasenmaske beträgt 140 ml.

Jedes Gummiventil ist auf einen metallenen Aufsitzring geklebt, der seinerseits durch die Photozellenkonstruktion fixiert wird, wenn die Röhre auf die Maske aufmontiert wird. Die Photozellen liegen innerhalb der Maske ungefähr 13 mm von der Einlaßöffnung der Ventile entfernt (siehe Abb. 4)

Das Wirkungsprinzip der Ventile rührt von einem Lippenmusikinstrument her. Zwei aneinanderstoßende, keilförmige Gummiblättchen mit einer Öffnung zwischen A und B und einem Einlaß zwischen C und D lassen das Ventil beim geringsten Luftzug in Richtung CD nach AB leicht vibrieren (siehe Abb. 4). Dabei entsteht gemäß dem BERNOULLI-Effekt ein Ton, dadurch, daß die parallelen Blättchen aneinander gesaugt werden.

Wenn nun der Sitz der Ventile um 90° gedreht wird, bleiben die Ventilränder bei CD und außerdem der größere Teil der Gummiwände ständig voneinander getrennt. Am Rand beträgt der Winkel mehr als 15° . Die Ventilränder zwischen AB behalten jedoch Kontakt. Wenn man jetzt bläst, so öffnet sich das Ventil ohne einen Ton abzugeben und zwar in Richtung

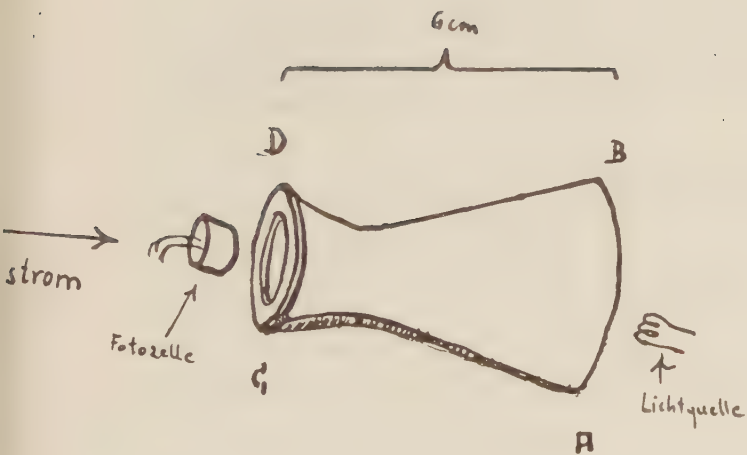


Abb. 3 4

Schema der Gummiventilkonstruktion des Doppelaerometers nach Swend-Smith.

des Bogens AB. Zieht man die Luft ein, so schließt sich das Ventil sofort. Die kreisförmige Einlaßöffnung des Ventils ist so klein wie möglich gehalten, der Durchmesser beträgt 15 mm. (Die Glottis des Erwachsenen hat ungefähr die gleiche Weite).

Diese Stelle stellt selbstverständlich einen gewissen Widerstand für die Luftströmung dar (96 mm Wassersäule Minimaldruck).

Ohne Ventile kann man einen Widerstand messen, der von 0 mm Wassersäule bei etwa 20 l/Min bis 6 mm H₂O bei 120 l/Min linear zunimmt. Mit Ventil ergibt sich ein Druckabfall von 25 mm H₂O bei 120 l/Min, der linear bis zu 1 l/Min abnimmt. Dies bedeutet, daß die Meßkapazität des Gerätes nach oben begrenzt ist. Der Druck auf die Ventile hängt von der Durchstromgröße ab. Bei einer Durchstrommenge von 2 bis 100 l/Min (oder 30 cm³/sec bis 1600 cm³/sec) steigt der Druck linear von 1 bis 20 mm H₂O. Bei einem Druck von 50 mm H₂O, was einer Luftmenge von circa 250 l/Min entspräche, würden die Ventilränder zu flattern anfangen. Die Reaktionszeit der Ventile (Übertragung von z.B. Schließung des einen und Öffnung eines anderen) beläuft sich auf weniger als 1/100 Sekunde. Diese Ventilkonstruktion zeigt Resonanz bei ungefähr 80 bis 100 Hertz. Diese Resonanz ist jedoch stark gedämpft, sodaß sie eine aufgezeichnete Rede kaum verzerrt. Die Weite des Auslasses zwischen AB liegt gewöhnlich zwischen 0 und 5 mm (bei ca. 75 l/Min).

Zur Öffnung der Ventillippen ist ein initialer Minimaldruck von etwa 1,5 mm H₂O notwendig; die daraus resultierende Einschwingzeit ist so klein, daß sie vernachlässigt werden kann.

Der Punkt des maximalen Öffnungsdurchmessers liegt näher bei B als bei A, bedingt durch den auf der A-Seite verlaufenden Stützstab. Dies erklärt auch die etwas nach B exzentrische Anbringung der Lichtquelle, da diese am Punkt der maximalen Öffnung des Ventils liegen soll. Der Glühfaden der Lichtquelle befindet sich in einem Abstand von 1,0 bis 1,5 cm über dem Ventil.

Als Lichtquellen werden 18 Volt-Lampen verwendet, die an die Spannung von 9 Volt des stabilen Voltschubs (0,5 Amp.) angeschlossen sind. Dadurch haben die Lampen eine längere Lebensdauer, und außerdem kann ein Dunklerwerden des Birnenglases durch Metaldampfniederschlag vermieden werden, was eine dauernde Nacheichung des Gerätes erfordern würde. Die Photozellen liegen innerhalb der Maske ungefähr 13 mm von der Einlaßöffnung der Ventile entfernt (siehe Abb. 4). Sie sind ebenfalls an den stabilen Voltnachschub von 9 Volt angeschlossen und haben einen inneren Widerstand von 800 Ohm. Der Strom der Photozelle moduliert die Sinus-schwingung eines Wechselverstärkers, in dem ein Multivibrator eingebaut ist. Die Wechselfrequenz liegt bei ungefähr 1100 Hertz. Die Amplitude dieser Kippfrequenz (*1000 Hz*) wird von der Spannungsänderung der Photodiode geformt und in einem Gleichstromverstärker verstärkt. Der Amplifikations-

grad des Verstärkers liegt bei ungefähr 20 Dezibel.

Der vom Verstärker abgegebene Gleichstrom soll bei Durchströmungswerten von 0 bis 75 l/Min innerhalb von 500 Millivolt variieren. Diese Gleichstromschwankungen werden als Ausgangsspannung zur graphischen Aufzeichnung mittels eines modifizierten Zwölffachschreibers der Firma F. Schwarzer (Mod. 521) benützt.

Für die einzelnen Ableitungen stehen Gleichstrom - (TF) - Verstärker z.B. für die Bewegungsableitung von Brust und Bauch Spezial - Hochpass - (HP) - Verstärker für die Mographie und phonatorische Glottographie, sowie GWS - IV - Kanäle für die Aerometrie und respiratorische Glottographie zur Verfügung.

Bei der vorliegenden Untersuchung werden zur Aufzeichnung der von den Photodioden der Ein- und Auslaßventile für Mund und Nase abgegebenen Stromschwankungen vier Kanäle des Zwölffachschreibers verwendet. Die Empfindlichkeit der normalen Verstärkerkanäle ist auf 7 mm registrierte Amplitude/10 Mikrovolt Eichspannung eingestellt.

Ein Kanal wird zur Aufzeichnung der Wechsellspannung des Glottographen eingesetzt.

Die Papiergeschwindigkeit des Registriergeräts ist durch Einlegräder variabel. In diesem Fall läuft das Registrierpapier mit einer Geschwindigkeit von 3 cm/sec.

Untersuchungstechnik:

Bei den Untersuchungen sitzt die Versuchsperson auf einem Stuhl, an dessen Rückenlehne ein Träger befestigt ist, an

den die Maske mit zwei Spiralfedern aufgehängt ist. Die Maske wird mit einer Hand entsprechend dem bereits oben Ausgeführten angedrückt.

Zusätzlich wird ein Glottograph angelegt (da der Glottograph bei Halsadipositas nicht anspricht, wurden nur schlanke Versuchspersonen ausgesucht).

2.) Ergebnisse:

Auf den Registrierpapierstreifen sind die Kurven wie folgt von oben nach unten aufgezeichnet (siehe Abb. 5):

- | | |
|--------------------------|-------|
| 1. Glottis-Schwingungen | = GS |
| 2. Nasen-Ausatmungskurve | = NAK |
| 3. Mund-Ausatmungskurve | = MAK |
| 4. Nasen-Einatmungskurve | = NEK |
| 5. Mund-Einatmungskurve | = MEK |

Außerdem wurden Zeitmarken im Abstand von 1,0 sec (= 3 cm) aufgezeichnet.

Bei der Eichung des Doppelaerometers wurden folgende Werte gefunden (vergleiche Abb. 6).

Luftvolumen l/sec	Oszillograph mm Amplitude	Aerometer mVolt
0,05	12	60
0,1	19	95
0,2	28	140
0,3	35	175
0,4	43	215
0,5	50	250
0,6	59	295
0,7	65	325

etwas passiert
lorc ja Pa pa die Pa pe ist ka pit Mama und Pa pa

machen eine böse Mieme

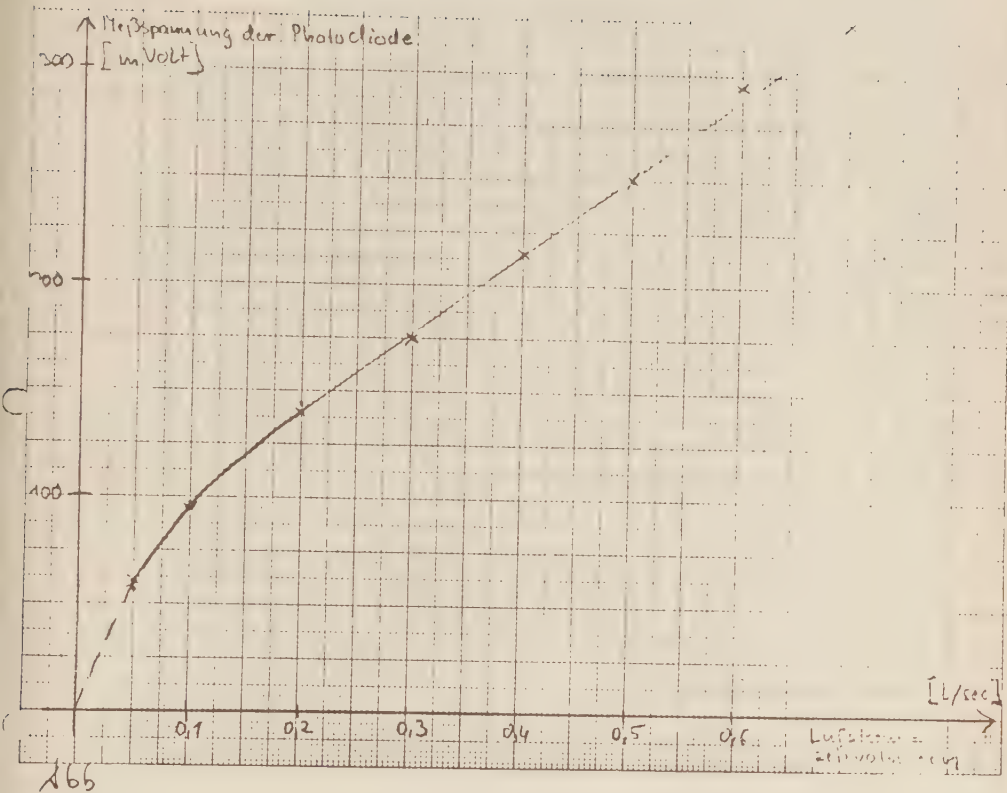


Abb. 1 6

Eichung des Doppelaerometers (Eichkurve aus Durchströmungszeitvolumen und der von der Photodiode gelieferten Messspannung) (vergl. S. 29)

Folgende Tabellen zeigen die Ergebnisse, die bei der Auswertung der Kurven gewonnen wurden:

Tabelle 1 zeigt die Flächen "F" in mm^2 zwischen den aufgezeichneten Kurven und der Nulllinie

Tabelle 2 zeigt die Lautdauer "t" in sec

Tabelle 3 zeigt das Verhältnis "F/t = a"

Außerdem wurde in Tabelle 4 der arithmetische Mittelwert M bestimmt

$$M = \frac{S}{n}$$

S = Summe aller Einzelwerte

n = Anzahl der Einzelwerte

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der Eichlaute (P P P -Versuch)

Für den Wert "a" der Eichlaute und der Nasale mit der kleinsten Fläche F (F_{nas.min.}) wurde die mittlere quadratische Abweichung (=Standardabweichung) nach folgender Formel bestimmt:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M)^2$$

= Streuung

$$\sigma = \sqrt{\frac{S_{xx}}{n}}$$

x_i = beliebiger Einzelwert der Ergebnisse

S_{xx} = Summe der Quadrate aller Abweichungen

(nach GEBELEIN-HEITE (14)).

Tab. 1: Flächen (F) unter den mittels Doppelaerometer nach Svend Smith aufgezeichneten Testkurven in Quadratmillimetern.

1.) $F \text{ (mm)}^2$

Vers Nr.	ist etwas pas	siert Lore	ja	Pa	pa	die Pu	pe	ist ka	putt	Mama	und Pa	pa	machen eine	böse Miene								
1	3	5	6	5	4	7	8	9	3	5	5	8	3	10	155	40	9	10	110	30	7	105
2	6	10	17	7	10	7	14	24	3	6	13	9	5	17	250	50	15	25	185	40	9	75
3	6	11	8	6	3	6	6	8	5	4	7	7	4	6	145	35	8	9	90	25	5	60
4	10	10	12	5	19	14	12	10	2	10	12	12	6	18	140	34	12	10	80	50	5	110
5	7	13	14	2	7	6	8	8	2	9	10	15	6	16	125	36	6	18	200	35	9	120
6	1	4	8	4	10	3	5	9	2	5	2	4	5	27	90	15	3	3	40	18	2	65
7	8	9	10	4	9	8	10	10	3	6	8	9	5	15	145	34	9	13	125	30	6	90
8	3	6	4	9	6	6	6	5	4	3	5	4	4	3	143	46	4	7	93	41	11	210
9	7	11	9	6	10	7	8	9	7	7	6	7	4	5	240	95	6	7	220	45	10	165
10	8	5	4	2	5	4	2	3	2	6	6	5	1	5	123	63	3	3	199	33	1	48
11	6	11	7	9	22	18	4	5	7	4	7	4	2	3	201	59	4	5	152	37	4	223

Tab. 2: Dauer (t) der Laute (Konsonant-Vokalgruppen, Nasale) des Vokalsatzes in Sekunden (t in sec)

Vers. Nr.	ist etwas passiert	lor	ja	pa	die	rup	pe	ist	ka	putt	Mama	und	ra	pu	machen eine böse Miene
1	0,12	0,20	0,16	0,20	0,20	0,30	0,16	0,24	0,12	0,10	0,12	0,26	0,10	0,20	0,64 0,34 0,18 0,20 0,30 0,30 0,28 0,40
2	0,20	0,22	0,30	0,16	0,30	0,30	0,24	0,46	0,10	0,12	0,20	0,30	0,12	0,28	1,00 0,40 0,24 0,40 0,60 0,40 0,38 0,30
3	0,24	0,48	0,10	0,24	0,12	0,24	0,10	0,20	0,14	0,06	0,14	0,24	0,10	0,12	0,60 0,26 0,16 0,16 0,34 0,20 0,20 0,22
4	0,30	0,30	0,24	0,20	0,12	0,40	0,20	0,22	0,10	0,20	0,30	0,40	0,20	0,30	0,56 0,20 0,20 0,26 0,40 0,44 0,20 0,48
5	0,28	0,40	0,40	0,10	0,30	0,20	0,18	0,20	0,10	0,20	0,21	0,50	0,18	0,28	0,30 0,30 0,14 0,30 0,74 0,32 0,34 0,30
6	0,04	0,10	0,16	0,20	0,30	0,16	0,10	0,24	0,12	0,08	0,06	0,12	0,12	0,40	0,30 0,10 0,08 0,06 0,30 0,16 0,14 0,20
7	0,26	0,28	0,22	0,18	0,34	0,26	0,16	0,22	0,12	0,10	0,16	0,30	0,14	0,28	0,60 0,20 0,20 0,24 0,50 0,28 0,28 0,48
8	0,26	0,40	0,10	0,22	0,50	0,30	0,16	0,26	0,10	0,16	0,20	0,28	0,16	0,10	0,70 0,20 0,20 0,40 0,46 0,24 0,46 0,00
9	0,20	0,50	0,10	0,20	0,50	0,22	0,20	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	0,14	0,60 0,24 0,18 0,24 0,56 0,16 0,44 0,50
10	0,24	0,50	0,30	0,20	0,50	0,28	0,42	0,40	0,16	0,12	0,17	0,26	0,18	0,14	0,60 0,33 0,16 0,30 0,60 0,32 0,24 0,40
11	0,36	0,48	0,24	0,36	0,60	0,50	0,16	0,23	0,10	0,16	0,18	0,24	0,16	0,14	0,56 0,22 0,18 0,36 0,40 0,30 0,40 0,30

Tab. 2: Quotienten "a" aus F/t der Einzeltaute des Testatzes.

KFS. ist etwas as siert lore ja		na	pa	die	lu	pe	ist	ka	putt	kama	und	la	pa	nachen	eine	böse	niene			
1	25,0	22,0	57,0	25,0	2	6	23,3	35,0	37,5	3	4,0	51,6	41,0	30,7	30,0	50,0	245			
2	0	43,5	50,5	43,7	33,5	5	5	52,2	30,0	50,5	0	30,0	41,0	65,0	250	125	02,5	309		
3	25,0	20,0	44,5	25,0	23,0	0	00,6	43,0	53,7	66,7	0,0	22,2	40,0	50,0	212	135	30,0	56,2	102	
4	33,5	53,5	5	0	25,0	45,2	35,0	66,0	45,5	20,0	50,0	60,0	30,0	30,0	00,0	230	270	00,0	50,0	200
5	21,0	32,5	33,0	23,0	23,5	30,4	44,4	40,0	20,0	45,0	41,0	30,0	55,5	57,3	250	120	35,0	06,0	270	
6	25,0	43,0	5	0	20,5	33,5	18,8	50,0	37,5	10,7	02,5	33,4	33,3	41,0	67,5	300	150	33,5	30,0	155
7	30,0	22,1	43,5	22,2	20,5	30,4	02,5	45,5	25,0	60,0	50,0	30,0	35,7	33,6	242	170	45,0	54,2	250	
8	11,0	10,0	40,0	45,0	12,0	20,0	37,5	19,2	40,0	18,8	25,0	14,3	25,0	18,8	220	230	20,0	17,5	202	
9	35,0	22,0	50,0	20,0	20,0	31,8	40,0	25,0	33,0	43,6	37,2	45,0	40,8	33,7	400	396	33,4	20,2	353	
10	35,3	19,0	13,3	9,1	10,0	14,3	10,7	7,5	12,5	30,0	55,3	19,3	5,6	35,7	250	191	18,8	30,0	315	
11	16,7	25,0	2	2	25,0	30,0	30,0	25,0	1,6	70,0	25,0	30,9	10,7	12,5	21,4	300	201	22,2	15,9	317

Tab. 4a: Mittelwerte der Flächen, Lautdauer und der Quotienten "a" aus allen Versuchen

	M_F (mm ²)	M_t (sec)	M_F/M_t	$M(F/t)$
ist	5,91	0,227	26,1	26,4
etwas	8,64	0,351	23,9	27,2
pas	9,00	0,224	40,1	41,6
siert	5,18	0,207	25,0	26,4
Lore	9,55	0,371	25,7	25,9
ja	7,82	0,275	28,4	25,6
Pa	7,55	0,162	46,9	45,8
pa	9,19	0,284	32,4	33,1
die	3,64	0,124	29,4	29,9
Pu	5,91	0,127	46,6	47,4
pe	7,36	0,166	44,4	43,5
ist	7,63	0,282	27,1	27,1
ka	4,09	0,142	28,8	30,5
putt	11,35	0,222	51,1	46,6
Mama	159,00	0,515	309,0	274,0
und	46,10	0,254	182,0	189,0
Pa	7,18	0,175	41,0	40,2
pa	10,00	0,260	38,5	43,0
machen	136,00	0,516	264,0	252,0
eine	35,00	0,284	123,0	131,0
böse	6,26	0,306	20,5	20,5
Miene	116,00	0,413	281,0	271,0

Tab. 5b: Mittelwerte für F und Quotient F/t aus allen Eichversuchen
mit Standardabweichung für F und F/t.

$$2\sigma_{F/t} = 25,6$$

$$\bar{M}_F = 5,73$$

$$\bar{M}_{F/t} = 31,66$$

$$2\sigma_F = 5,14$$

$$3\sigma_F = 7,71$$

$$\sigma_{F/t} = 12,8$$

b) Auswertungsverfahren:

Zur praktischen Auswertung der Aerometerergebnisse wird eine Auswertungskurve erstellt. Dazu wird in ein Koordinatensystem mit der Abszisse $a (=F/t)$ und der Ordinate t [sec] der entsprechende Punkt aus den Mittelwerten der Eichexplosivlaute ($M = 31,66$, $M = 0,181$, $M = 5,73$) ($P - P - P$ -Versuch) und der entsprechende Punkt Q aus den Mittelwerten der Nasallaute mit der kleinsten Fläche ($M = 123,0$, $M = 0,284$, $M = 35,0$) eingetragen.

Um einen Normalbereich für die Explosivlaute zu erhalten, werden in dieses Koordinatensystem Rechteckgruppen mit der Fläche $M_{expl.}$ unter Änderung der Ordinatenlänge t sec und entsprechender Änderung der Abszissenlänge $a (=M_{expl.}/t)$ eingetragen. Die rechten oberen Eckpunkte dieser Rechteckgruppen müssen in einem arithmetischen Koordinatensystem auf eine Hyperbel zu liegen kommen. Außerdem wird in entsprechender Weise der 2°-Bereich von $M_{expl.}$ eingetragen.

In gleicher Weise wird ein Bereich "gesicherter Nasalität" durch Konstruktion der entsprechenden Hyperbelkurven für

$M_{F_{nas.min}}$ und dessen 26°-Bereich eingetragen.

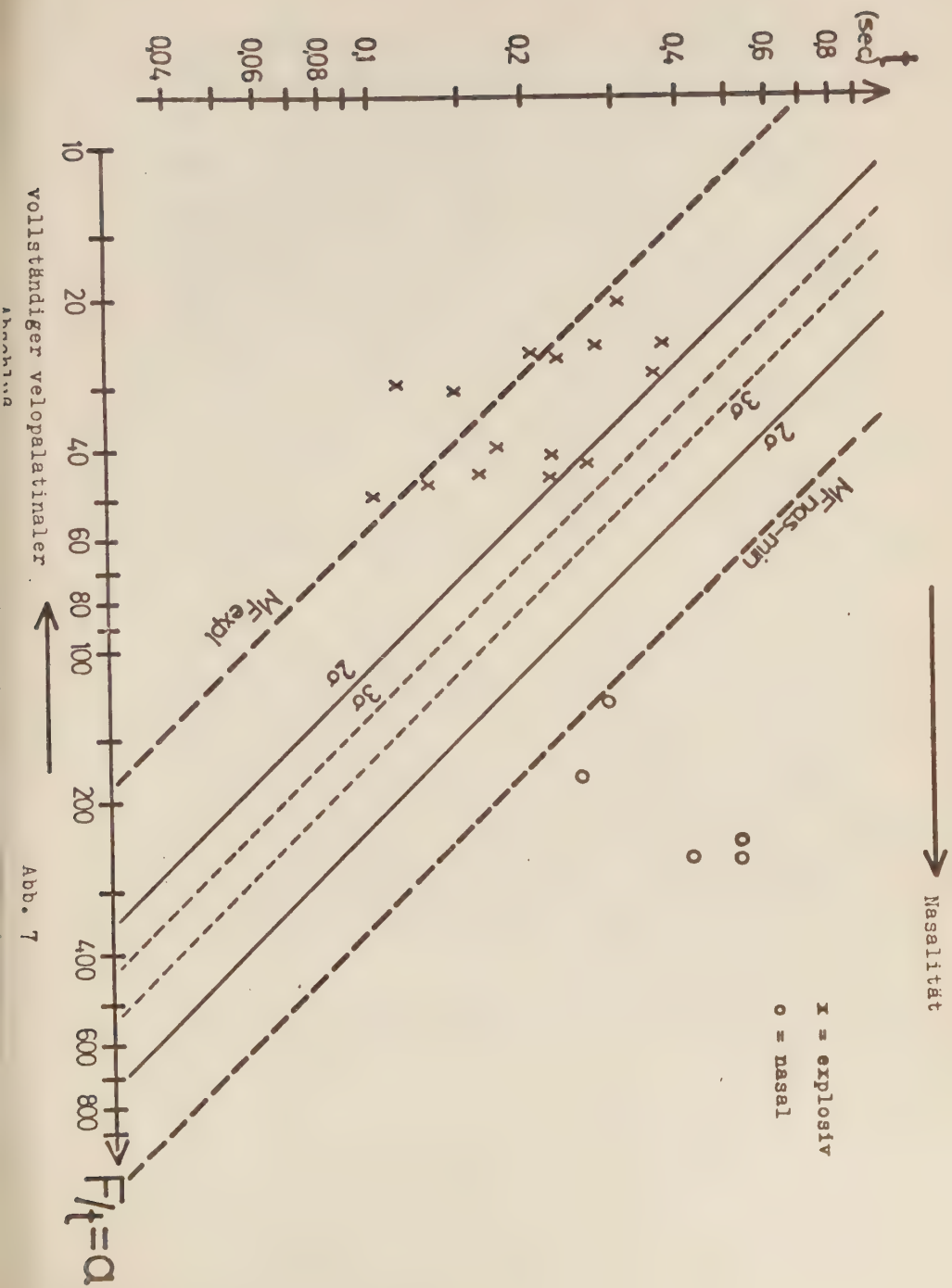
Aus praktischen Gründen werden diese Kurven in ein doppellogarithmisches Koordinatensystem übertragen; dabei kommen die Kurvenpunkte auf zueinander parallele Geraden zu liegen. In diesem Auswertungsdiagramm liegt also links der Kurve $M_{F_{expl.}}$ der Bereich des vollständigen velopalatina-

len Abschlusses und rechts der Kurve M_{Fnas.min.} der Bereich zunehmender Nasalität,

Logischerweise muß zwischen den 2₀-Bereichen ein freier Raum verbleiben (auch zwischen den 3₀-Bereichen verbleibt noch ein freier Raum, siehe Abb. 7), weil andernfalls ein fließender Übergang zwischen völligem velopalatinalen Abschluß (reine Oralität) und Nasalität vorhanden wäre.

Zur Demonstration der praktischen Anwendbarkeit dieses Auswertungsdiagramms werden aus dem vorliegenden Untersuchungsmaterial einige unausgewählte Stichproben eingetragen. Dabei ergibt sich, daß alle Nasale rechts der Kurve M_{Fnas.min.} und alle Explos. (= 2₀-Bereich der Eichexplosivlaute aus P - P - P -Versuch) zu liegen kommen (die eine Ausnahme liegt noch innerhalb des 3₀-Bereiches von M_{Fexpl.}).

In entsprechender Weise kann dieses Auswertungsdiagramm eventuell zu Funktionsanalysen bei Sprachgestörten herangezogen werden.



Analyse der Ergebnisse:

Vokalkonsumenten-Vokal-Gruppen

	"Ist Ten	etwas Ten	pas Ten	siert Tenn	Lore, Li	ja Ten	ra Ten	pa Ten	die Ten	Pup Ten	pe Ten	ist Ten	ku Ten	putt Ten
M _F	5,91	8,6	9,0	5,2	9,6	7,8	7,6	9,2	3,0	5,9	7,4	7,6	4,1	4,4
M _t	0,23	0,35	0,22	0,21	0,37	0,28	0,16	0,28	0,12	0,13	0,17	0,28	0,14	0,22
M(F/t)	26,4	27,2	41,6	26,4	25,9	25,6	45,8	35,1	29,9	47,4	43,5	27,1	30,5	40,6
"F	26,1	23,9	40,1	25,0	25,7	28,4	46,9	32,4	29,4	46,6	44,4	27,1	28,8	51,1

Nasal-Vokalkonsumenten:

	"Ma Na	ma Na	und Na	Pa Ten	pa Ten	ma Na	chon Na	eine Na	böse Med	nie Na	ne" Na
M _F	159,0		46,1	7,2	10,0	136,0	35,0	6,3	116,0		
M _t	0,52		0,25	0,18	0,26	0,52	0,28	0,31	0,41		
M(F/t)	274,0		189,0	40,2	43,0	252,0	131,0	20,5	271,0		
M _F	309,0		182,0	41,0	38,5	264,0	123,0	20,5	261,0		

Die größten Flächen - als Maß für den nasalen Ausstrom - finden sich erwartungsbemäß bei den Nasalen:

	$\bar{M}_F$	Minim.	Maxim.	
Tenues	7,6	4,09	10,0	(mm ²)
Nasale	61,5	35,0	(79,5	

Bei Vergleich der Nasale mit den Tenues ergeben sich erhebliche Unterschiede, Die Maximalwerte der Tenues überlappen nicht mit den Minimalwerten der Nasallaute, sodaß die Unterschiede mit Sicherheit signifikant sind.

Der einzige Liquide des Testsatzes ("Lore") liegt im obersten Streubereich der Flächen der Explosivlaute. Die einzige Media ("böse" - stimmhafter Explosivlaut) stimmt mit dem Flächenmittelwert der Tenues (stimmlose Explosivlaute) überein.

Diese Befunde weisen auf die Brauchbarkeit der hier angewandten Untersuchungstechnik zur qualitativen Analyse der Dichtigkeit des velopalatinalen Abschlusses. Auch zur quantitativen Analyse dürfte das Doppelaerometer nach SVEND SMITH geeignet sein, wenn ein ausreichend empfindliches und rasch reagierendes Registriergerät zur Verfügung steht und geeignete Eichkurven aufgestellt werden (Beziehung zwischen F (mm²) und Durchstromvolumen (ml)).

Eine noch bessere Vergleichsgröße stellt der Quotient "a" aus F und t dar, der einem Luftzeitvolumen entspricht:

Tab. 6: Mittelwerte der quotierten "s" aus Tabelle F und Dauer t aller Explosivlaute und Nasale der einzelnen Versuchspersonen; zusätzlich die ungeführten Aspirationsvolumina der Explosivlaute und Nasale in ml/sec.

Versuchs- person	Überschlecht	Alter	Mittelwerte (laut Tab. 5) für Explosivlaute und Nasale	M F/t _{nas}	Wert für die nasale Aspirationsluft in ml/sec (Bestimmungsgrundl. s. S. 72)	Nasale
S.G.	o'	25	42,8	118	26,5	79
M.G.	o'	28	55,2	129	36,8	86
M.R.	o'	28	52,2	117	34,8	78
F.N.	o	22	51	121	34,0	81
D.F.	o	44	45	137	30,0	91
S.J.	o	29	48	127	32,0	85
K.A.	o	27	50,2	119	33,4	79
S.K.	o	25	24,6	146	16,4	97
M.M.	o	28	27,8	225	25,2	150
F.H.	o	31	24,7	121	16,5	81
R.O.	o	26	22,8	175	15,1	117

	$\bar{M}_{(F/t)}$	Minim.	Maxim.	
Tenues	36,9	26,4	47,4	(mm ² /sec)
Nasale	139,6	(126,0)	(189,0)	

Auch diese Ergebnisse beweisen die gute Brauchbarkeit des Doppelaerometers zur Nasalittsanalyse.

Aufgrund von Angaben aus der Literatur (HARDY 1969) liegt das Luftzeitvolumen, das zur Bildung eines Lautes mittlerer Lautstärke notwendig ist, in der Größenordnung von 100 ml/sec. Mit diesem Wert kann eine vorläufige Korrelation zu den hier gewonnenen Ergebnissen hergestellt werden:

ein Wert "a" von rund 150 (mm²/sec) entspräche demnach ungefähr einem Luftzeitvolumen von 100 ml/sec.

Daraus ergäbe sich ein Umrechnungsfaktor von 2/3, sodaß bei einem Tenue kurzfristig ein Luftzeitvolumen von rund 25 ml/sec aus den Nasenöffnungen austritt - ganz oder teilweise bedingt durch Durchbiegung des Velum palatinum in den Nasenraum. Hieraus ergibt sich bei einer Mittleren Dauer der Tenues von 0,218 Sekunden ein Gesamtausstoß von etwa 5,45 ml (bei einem Nasallaut von rund 25 ml). (Vergl. Tab. 6).

D) Diskussion:

Die Vielzahl der Methoden läßt die Problematik erkennen, mit der man bei den Untersuchungen des velo-pharyngealen Abschlusses rechnen muß.

Bei diesen Untersuchungen muß besonders darauf geachtet werden, daß das Velum palatinum in seiner Funktion nicht behindert wird.

In dieser Hinsicht wurden zahlreiche Methoden ausgearbeitet und erprobt, jedoch weisen viele davon nur qualitativ auf eine Nasalität hin, ohne daß eine ausreichende quantitative Bemessung des Grades der Nasalität möglich wäre. Da das Näseln in seiner Ätiologie und Pathophysiologie ein einheitliches Krankheitsbild darstellt, ist es von Vorteil eine Apparatur zu entwickeln, die eine quantitative Untersuchung und Beurteilung des offenen Näsels ermöglicht. Dem Spontansprechen muß dabei gegenüber den phonetischen Einzellauten der Vorzug gegeben werden, da es eine objektivere Beurteilung der Nasalität zuläßt.

Die Forderung DOUBEK's nach "objektiv vergleichbaren und international brauchbaren Meßmöglichkeiten der Nasalität" zu erfüllen, wird in vorliegender Arbeit versucht. Dazu erscheint das von SVEND SMITH konstruierte Doppelaerometer besonders geeignet, da mit dieser Methode isolierte Laute, Worte und ganze Satzgebilde auf ihre von der Norm abweichende Nasalität geprüft werden können. Nach E. NESSEL, der selbst Atemstoßmessungen mit dem Pneumoergometer (47) durchführte, stellt das Doppelaerometer das "modernste Untersuchungsverfahren" überhaupt dar.

Die Vorteile dieser Methode liegen:

a) In der einfachen Handhabung der Oro-Nasal-Maske, da man keinerlei Eingriffe an der Versuchsperson vornehmen muß.

b) Wird die Weite bzw. der Durchmesser der velo-pharyngealen Öffnung nicht direkt gemessen, sondern indirekt durch Messen der Atemluftstöße durch die Nase. Diese indirekte Messung der Luftströme durch große Ventile mit minimalem Strömungswiderstand garantiert eine nur geringe, indirekte Beeinflussung der Velumfunktion.

c) Bietet diese Untersuchungsmethode die Möglichkeit der Kombination mit anderen Methoden und des weiteren Ausbaus (z.B. Kombination mit Röntgenverfahren; exakte Aufzeichnung von Luftdruckströmen u.a.)

d) Ermöglicht diese Methode - insbesondere mit dem hier beschriebenen Auswertungsverfahren - eine einfache und sehr rasche Auswertung.

e) Ergibt die Methode quantitative Ergebnisse und eignet sich daher zu Vergleichs- und Verlaufsstudien.

f) Ist die Methode nach entsprechender Ausarbeitung so einfach, daß eine medizinisch-technische Hilfskraft mit ihrer Durchführung betraut werden kann.

Der Nachteil der Methode liegt in einer, wenn auch nur indirekten und geringen, Beeinflussung der Velumfunktion via Luftstrommessung durch Ventile.

Da jeder Meßvorgang energieverbrauchend ist, wird dieser Nachteil bei quantitativen Methoden niemals eliminiert werden können.

Wie bereits angedeutet, könnte die hier beschriebenen Methode in Kombination mit Röntgenverfahren (z.B. röntgenkinematographische Methode nach ONDROCKOVA (49))

bessere und genauere Beurteilung von Funktionsstörungen des Velum palatinum ermöglichen.

Eine entscheidende Verbesserung der beschriebenen Methode würde die quantitativ exakte Aufzeichnung von Luft-rückströmen in die Nase erbringen. Damit wäre die Abgrenzung von nur minimalen Störungen der Schlußfunktion des Velum palatinum gegenüber elastischen Durchbiegungen des dicht abschließenden Gaumensegels bei Druckerhöhung im Mundrachenraum mit nachfolgendem nasalen Luftrückstrom bei Entspannung des Gaumensegels möglich.

Die nasalen Luftrückstrommessungen werden in vorliegender Untersuchung versucht (s. Abb.5 , Zeile 5 auf Registrierkurve). Aus technischen Gründen konnten noch keine auswertbare Kurven erhalten werden. Verantwortlich dafür dürften elastische Verbiegungen des Nasenskeletts gewesen sein, die eine zu starke Dämpfung der Rückstromkurven bewirkten.

Um diesen Nachteil auszuschalten, müssen noch empfindlichere photomechanische Meßmethoden entwickelt werden,

Zur Kritik der hier entwickelten Auswertungsmethode (Auswertungskurve):

Die in vorliegender Arbeit entwickelte Auswertungskurve zur praktischen Auswertung der Aerometerergebnisse erlaubt eine sofortige Beurteilung der Meßergebnisse bezüglich dichtem Velumabschluß und Nasalität, Durch die Einführung der 26° -Bereiche ist eine Unterscheidungsmöglich-

keit in normal und pathologisch gegeben. Ein entscheidender Vorteil dieser Auswertungsmethode ist, daß die zeitliche Dauer (t) des jeweiligen Lautes in die Auswertung eingeht. Ein gewisser Nachteil dieser Methode stellt die aus Gründen der praktischen Anwendbarkeit eingeführte künstliche Größe " a " dar, die durch Division der Kurvenfläche " F " durch die Dauer " t " erhalten wird, und der Amplitude einer Rechteckwelle mit gleicher Fläche " F " und gleicher Dauer " t " entspräche, nicht dagegen der wahren Amplitude der aufgezeichneten Meßkurve.

Aufgabe:

Aufgabe der Zukunft wird es sein, die hier beschriebene Methodik und das hier ausgearbeitete Auswertungsverfahren in der praktischen Diagnostik der Sprachstörungen zu erproben.

E) Zusammenfassung

Gegenstand der Untersuchungen ist der Abschluß des Gaumensegels zur hinteren Rachenwand. Die Genauigkeit dieses Abschlusses - besonders bei Explosivlauten - wird mit dem Doppelaerometer nach SVEND SMITH geprüft.

Andere Methoden zur Funktionsprüfung des velopalatinalen Abschlusses werden beschrieben.

Zur raschen, übersichtlichen Auswertung der mittels des Doppelaerometers gewonnenen Ergebnisse wird ein Auswertungs-

diagramm entwickelt und anhand von Stichproben auf seine Brauchbarkeit überprüft.

Ein wichtiger Vorteil der hier beschriebenen Methode ist die Möglichkeit, den wichtigen Zeitfaktor für Phonationsstudien zu berücksichtigen.

Herrn Prof. Dr. E. Loebell, Leiter der Stimm- und Sprachabteilung an der Hals-, Nasen-Ohrenklinik der Universität München, bin ich für die Überlassung des Themas und für die Korrektur der Arbeit zu tiefstem Dank verpflichtet.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. H. H. Naumann für die Möglichkeit, an seiner Klinik experimentell arbeiten zu können.

Mein Dank gilt auch der med.-techn. Assistentin Frl. Hanel, die mir durch ihre Mitarbeit das Gelingen der Experimente ermöglicht hat.

LITERATURVERZEICHNIS:

- 1) ARSLAN, M., BODDAN, G.:
Recherches électromanométriques sur les murmurs
du voile du palais.
J.franc.Oto-rhino-laryng. 9, 373-386 (1960)
- 2) BENNINGHOFF, A.:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen Bd. 3
- 3) BERZOLLA, S., BOTTINO, G., PERFUMO, G., SPERATI, G.:
Respirazione orale e respirazione nasale nel soggetto
sano valutazione spirometrica.
Arch. ital. Otol. 77, 807-819 (1966)
- 4) BJORK, L.:
Velopharyngeal funktion in connected speech studies
using tomography and cineradiography synchronized
with speech spectrography.
Acta radiol. (Stockholm) 202, 5-94 (1961)
- 5) CHASE, R.A.:
An objektive evaluation of palato-pharyngeal competence.
Plast.reconstr.Surgery 26, 23-39 (196/)
- 6) COBLENZER, H., MURATH, F.:
Die Phonationsatmung.
Wiener klin.Wschr. 48, 945 (1965)
- 7) DOUBEK, F.A.:
Die Prüfung der Sprechfunktion bei Gaumenspalten-
operationen.
Fortschr.Kiefer- u. Gesichtschir. 1, 104-111 (1953)
- 8) DOUBEK, F.A.:
Physiologie von Stimme und Sprache in: Die Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde von K. Häupel, W. Meyer
und K. Schuchardt, Bd. 1, 437-452, Urban und Schwar-
zenberg, München (1958)

- 9) ESSEN, O.V.:
Die phonetische Dokumentation der Nasalität und des offenen Naselns.
Folia Phonat. 13, 269-275 (1961)
- 0) FRANK, S.:
Untersuchungen über die Atmung und Stimmgebung bei Multipler Sklerose und Bulbärparalyse.
Inauguraldissertation, München 1968
- 1) FRITZELL, B.:
An electro myographic study of the movements of the soft palate in speech (a preliminary report).
Folia Phoniat. 15, 307-311 (1963)
- 2) FROESCHELS, E.:
Lehrbuch der Sprachheilkunde.
Franz Deuticke Verlag, Leipzig und Wien (1925) 2.Aufl.
- 3) FÜHRING, M., LETTMAYER, O.:
Die Sprachfehler des Kindes.
Österreichischer Bundesverlag für Unterricht, Wissenschaft und Kunst "Wien-München" (1966)
- 14) GEBELEIN, H., HEITE, H.J.:
Statistische Urteilsbildung.
Springerverlag, Berlin (1951)
- 15) GUTZMANN, H.:
Untersuchungen über das Wesen der Nasalität.
Arch.Laryng. 27, 59 (1913)
- 16) GUTZMANN, H.:
Physiologie der Stimme und Sprache.
2. Aufl. Braunschweig, Vieweg (1928)

17) GUTZMANN, H.:

Röntgenaufnahmen von Zunge und Gaumensegel bei Vokalen und Dauer Konsonanten.

Fortschr. Röntgenstr. 41, 392 (1929/30)

18) GUTZMANN, H.:

Röntgenkinematographie der Sprachbewegungen.

Bericht über d. Verh. des IV. Kongr. d. intern. Ges. für Logop. u. Phoniatrie. Prag 8.-10. Sept. 1930

19) GUTZMANN, H.:

Lehrbuch der Sprachheilkunde II
Berlin 1924

20) HARDY, J.C.; ARKBAUER, H.J.:

Developement of a test for velo-pharyngeal competence. during speech.

Cleft Palate 3, 6-21 (1966)

21) HARDY, J.C.

Techniques of measuring intraoral air pressure and rate of air flow.

J.Speech Hearing 10, 650-654 (1967)

22) HARDY, J.C.:

Air flow and air pressure studies.

ASHA Reports 1, 141-152 (1969)

23) HOFFER, E., SILLA, M.:

Cinematica normale e patologica del velo-pendolo.

Minerva stomat.(Torino) 12, 367-372 (1963)

24) HYDE, S.R.:

Nose trumpet: apperatur for separating the oral and nasal outputs in speech.

Nature (London) 219, 763-765 (1968)

- 25) IMRE, V.:
Zur graphischen Darstellung der Sprache nach Gaumenspaltenoperation.
Z.Hals-,Nas.- u. Ohrenheilk. 167, 478-481 (1955)
- 26) ISSHIKI, N., RINGEL, R.:
Air flow during the production of selected consonants.
J.Speech . 7 , 233-244 (1964)
- 27) KÖRNER, F.:
Die Musculi Tensor und Levator veli palatini.
Z.Anat.Entwickl.-Gesch. 111, 508 (1942)
- 28) LACZKOWSKA, M.:
Concerning the function of the velum.
Folia Phoniat. 13, 107-111 (1961)
- 29) LOEBELL, E.:
Erfahrungen mit der Tonsillensphinkterplastik zur Behandlung des offenen Naselns bei zu kurzem Gaumen.
Langenbecks Arch.klin.Chir. 306, 69-73 (1964)
- 30) LOEBELL, E.:
Röntgenkinematographische Untersuchungen bei der Rachenplastik nach der Münchner Methode.
Zbl.Hals-,Nas.- u. Ohrenheilk. 74, Bd.1, 38, (1962)
- 31) LOEBELL, E.:
Über den klinischen Wert der Elektroglottographie.
Arch.klin.exp.Ohr.-,Nas.-,u.Kehlk.-Heilk. 191, 760 (1968)
- 32) LOEBELL, E.:
Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der verzögerten Sprach- und Atemrückkoppelung bei Normalpersonen, Stotterern und Polterern.
Die Sprachscholarb. 63-68 (1968)

- 33) LOEBELL, E.:
 Neue Gesichtspunkte bei der Diagnostik des offenen
 Naselns.
 Intern.Kongr.Heilpäd., Wien 1969
- 34) LOEBELL, E.:
 Neue Gesichtspunkte in der Sprachbehandlung von Kin-
 dern mit Gaumenspalten und die objektive Dokumenta-
 tion der Ergebnisse.
 Z.Kinderchir. 4, 496-501 (1969)
- 35) LOEBELL, E.:
 Über ein neues Verfahren der polygraphischen Registrie-
 rung verschiedener Phaenomene der Atmung, Phonation
 und Artikulation.
 Folia phonat. (im Druck)
- 36) LOEBELL, E.:
 Vergleichende experimentell-phonetische Untersuchungen
 der äußeren Atmung, der Phonation und Artikulation
 über die Einwirkung der verzögerten Sprachrückkoppe-
 lung bei funktionellen und organischen Sprachstörungen.
 Habil.Schrift , Karger-Verlag (Basel), (1966)
 (im Druck in engl. Sprache).
- 37) LUBKER, J.F., MOLL, K.:
 Simultaneous oral nasal air flow and cinefluorographic
 observations during speech production.
 Cleft Palate 2, 257-272 (1965)
- 38) LUCHSINGER, R.:
 Schalldruck und Geschwindigkeitsregulierung der Atem-
 luft beim Singen.
 Folia phoniat. 3, 25-49 (1951)
- 39) LUCHSINGER, R., ARNOLD, G.E.:
 Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde.
 2. Aufl. Springer-Verlag (Wien) (1959)

- 40) MASSENGILL, R.:
Early diagnosis of abnormal palatal mobility by the use of cinefluorography.
Folia phoniat. 18, 256-260, (1966)
- 41) MASSENGILL, R., BRYSON, B.:
A study of velo-pharyngeal funktion as retated to perceived nasality of vowels, utilizing a cinefluorographic television monitor.
Folia phoniat. 19, 45-52 (1967)
- 42) MITROVIC, M., MILIGEVIC, B:
Le radiodiagnostic du voile du palais.
Rev.Laryng.(Bordeaux) 81, 260-270 (1960)
- 43) MÜLLER, E.:
Zur Physiologie der Gaumensegelbewegung beim Schlucken und Sprechen.
Z.Hals-,Nas.- u. Ohrenheilk.167, 472-477 (1955)
- 44) MYSKA, W.M.:
Vergleichende aerometrische Untersuchungen an Patienten nach Gaumenspaltenoperation, Pharynx und Velo-Pharyngoplastik.
Inauguraldissertation , München (1967)
- 45) NADELECZNY, M.:
Physiologie der Stimme und Sprache.
Hdb. der HNO Bd.1 Denker und Kahler, Springer-Verlag (1925)
- 46) NADELECZNY, M.:
Kurzes Lehrbuch der Sprach-und Stimmheilkunde.
Vogel-Verlag (Leipzig) (1926)
- 47) NESSEL, E.:
Die Atemstoßmessung bei der Rhinolalia aperta.
Med.Klin. 54, 1270 (1959)

- 48) NUSBAUM, E.A., FOLEY, L., WELLS, C.:
Experimental studies of the firmness of the velar-pharyngeal acclusion during the production of english vowels.
Speech Monographs 2, 71 (1935)
- 49) ONDROCKOVA, J.:
The movement of the tongue and the soft palate in the singing of vowels. X-ray cinematographic film
Folia phoniat. 13, 99-106 (1961)
- 50) ONODI, A.:
Die Phonationszentren im Gehirn.
Neurol.Zbl. 752 (1894)
- 51) PASSAVANT, G.:
Über die Verschließung des Mundes beim Sprechen.
Frankfurt/Main (1863)
- 52) PFEIFFER, K.J.:
Der Einfluß der verzögerten Sprachrückkoppelung (LEE-Effekt) auf die Sprache.
Inauguraldissertation, München (1968)
- 53) REICHART, O.:
Stottersymptome und ihre objektive Darstellung unter besonderer Beachtung des traumatischen Stotterns.
Inauguraldissertation, München (1966)
- 54) SCHÖNDUBE, W.:
Der Atemstoß, seine Messung und sein klinischer Wert,
Die Medizin 2, 1350 (1959)
- 55) SEEMAN, M.:
Sprachstörungen bei Kindern.
Volk u. Gesundheit (1965)

- 56) SMITH, S.:
Vocalisation and added nasal resonance.
Folia phoniat. 3 (1951)
- 57) SMITH, S.:
Remarks on the physiology of the vibrations of the
vocal cords.
Folia phoniat. 6, 166-178 (1954)
- 58) STEIN, L.:
Zur Frage des Passavantschen Wulstes.
Bericht über d. Verh. des IV. Congr. der intern Ges.
für Logopäd. u. Phoniät.
Prag 8.-10.Sept. S. 43 (1930)
- 59) STOKSTED, P.; NIELSEN, J.Z.:
Rhinomanometric measurements of the nasal passage.
Am.Otol 66, 196 (1957)
- 60) SUBTELNY, D., WORTH, J.H., SAKUDA, M.:
Interoral pressure and rate of flow during speech.
J.speech Res. 2, 498-518 (1966)
- 61) TRENSCHEL, W.:
Sprache und Spracherziehung bei Patienten mit Lip-
pen-Kiefer-Gaumenspalten.
Langenbecks Arch.klin.Chir. 295, 933 (1960)
- 62) TRENSCHEL, W.:
Phonetisch- logopädische Hinweise für die Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde.
Dtsch.zahnärztl.Z. 16, 8 (1961)
- 63) UGIE, H.:
Study on speech disorders in left palate using an
expiratory volumeter with warm-wire-flowmeter.
Skikura Gaku 67, 1055-1111 (1967)

- 64) VEALEY, J., BAILEY, C., BELKNAP, L.:
 Rheadeik: To detect the escape of nasal air during
 speech.
 J.speech Dis. 31, 82-84 (1966)
- 65) WARDILL, F.M., WHILLIS, J.:
 Movements of the soft palate.
 Surg.Gynec.Obstet. 62, 836 (1936)
- 66) WARDILL, W.E.M.:
 Gaumenspalte und Gaumenspaltensprache.
 Mschr.Ohrenheilk. 71, 424 (1937)
- 67) WARREN, D.W.:
 Nasal emission of air and velopharyngeal function.
 Cleft Palate 4, 149-156 (1967)

LEBENS LAUF

Am 13. Dezember 1937 wurde ich -Gerd Marshall- als Sohn des Notars Hans Marshall und seiner Ehefrau Hilde, geb. Vogel, in Karlsruhe geboren. Ich bin das dritte von vier Kindern.

Nach einem vierjährigen Volksschulbesuch in München besuchte ich anschließend bis 1952 die Gisela-Oberrealschule. Am 14. März 1958 legte ich in Mannheim am dortigen Lessing - Gymnasium die Reifeprüfung ab.

Daran anschließend leistete ich meinen einjährigen Wehrdienst in München ab.

Im Sommersemester 1959 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde in München. Am 24. April 1962 bestand ich das Physikum und am 16. März 1965 erhielt ich die Bestallung als Zahnarzt.

Seit Oktober 1967 übe ich meine Praxis als Zahnarzt in München aus.

Seit 1965 bin ich verheiratet und seit 1969 haben wir einen Sohn.

